

ANALISIS PENGGUNAAN RELE DIFERENSIAL SEBAGAI PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR DAYA 16 MVA DI GARDU INDUK JAJAR



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

NOR RIA FITRIANI

D 400 130 053

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS PENGGUNAAN RELE DIFERENSIAL SEBAGAI PROTEKSI
PADA TRANSFORMATOR DAYA 16 MVA DI GARDU INDUK JAJAR**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

NOR RIA FITRIANI

D 400 130 053

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Umar', written over a horizontal line.

Umar, S.T. M.T.

NIK. 731

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGGUNAAN RELE DIFERENSIAL SEBAGAI PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR DAYA 16 MVA DI GARDU INDUK JAJAR

OLEH

NOR RIA FITRIANI

D 400 130 053

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Sabtu, 4...2...2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Umar, ST. MT

(Ketua Dewan Penguji)

2. Aris Budiman, ST. MT

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Ir. Jatmiko, MT

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph. D

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 3 Februari 2017

Penulis



NOR RIA FITRIANI

D 400 130 053

ANALISIS PENGGUNAAN RELE DIFERENSIAL SEBAGAI SISTEM PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR DAYA 16 MVA DI GARDU INDUK JAJAR

Abstrak

Transformator daya pada sistem transmisi merupakan komponen utama yang sangat penting, maka dari itu transformator daya harus dilindungi dari adanya gangguan-gangguan yang dapat menyebabkan kehandalannya berkurang. Gangguan tersebut dapat dikurangi dan diatasi dengan menggunakan sistem proteksi. Sistem proteksi merupakan suatu pengamanan yang memberikan proteksi terhadap peralatan listrik pada kondisi yang tidak normal. Salah satu perangkat proteksi yang digunakan transformator daya adalah rele diferensial. Rele diferensial digunakan sebagai proteksi utama dan tidak dapat dijadikan sebagai proteksi cadangan. Rele ini bekerja dengan membandingkan arus yang masuk dan arus yang keluar. Rele akan mendeteksi adanya gangguan dan menginstruksikan pemutus tenaga (PMT) untuk membuka (*trip*). Sistem proteksi yang baik ditunjang oleh *setting* yang tepat pada rele diferensial guna mencegah terjadinya kegagalan proteksi dan meningkatkan kehandalan dari sistem transmisi. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pengambilan data sekunder dengan melakukan penelitian di *Base Camp* Surakarta dan mencari referensi-referensi jurnal yang berkaitan dengan penelitian tersebut. Seluruh data didapat kemudian digunakan sebagai komponen perhitungan matematis secara manual. Komponen yang dihitung yaitu nilai rasio *current transformer* (CT), *error mismatch* dan parameter-parameter pada rele diferensial saat kondisi normal. Kemudian menghitung nilai parameter rele pada saat gangguan. Rasio CT yang dipasang pada transformator disisi tegangan tinggi adalah 75:1 A dan pada sisi tegangan rendah adalah 800:1 A. Hasil tersebut diambil dengan pertimbangan hasil perhitungan arus rating yaitu sebesar 67,749 A pada sisi tegangan tinggi dan 461,879 A pada sisi tegangan rendah. Arus *setting* yang didapat dari hasil perhitungan yaitu 0,3 A dan diharapkan dengan *setting* tersebut sistem proteksi transformator dapat bekerja dengan optimal.

Kata Kunci: proteksi, rele diferensial, transformator daya.

Abstract

Power transformer on the transmission system is a very important main component, and therefore the power transformer must be protected from the faults that can lead to reduce reliability. The fault can be reduced and overcome by using protection system. A protection system that provides protection againsts electrical equipment in abnormal conditions. One of the devices that use the power transformer protection is differential relay. Differential relays are used as main protection and cannot be used as a backup protection. This relay works by comparing the current of incoming and outgoing flows. Relay will detect fault and instructs circuit breaker (CB) to open (*trip*). A good protection system is supported by appropriate settings on differential relay protection to prevent fault and improve the reliability of the transmission system. The method used in this research is secondary data by conducting research at Base Camp Surakarta and looking for journal references related to the study. All data is used as a component of mathematical calculations manual. Components that calculated is value ratio current transformer, errors mismatch and parameters at the differential relay in normal conditions. Then, calculating the relay parameter values at the time of fault. The ratio of CT mounted on the transformer in the high voltage side is 75: 1 A and the low voltage side is 800: 1 A. These results are taken with consideration of flow analysis rating that is equal to 67.749 A on the high voltage side and 461.879 A on the low voltage side. Current setting is obtained from the calculation is 0.3 A, and is expected to set the transformer protection system to work optimally.

Keywords: protection, differential relay, power transformer.

1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat saat ini. Kebutuhan listrik yang besar membuat perusahaan listrik negara harus menyediakan pasokan listrik yang cukup bagi seluruh kalangan masyarakat. Ketersediaan listrik tersebut tentunya harus disertai dengan sistem tenaga listrik

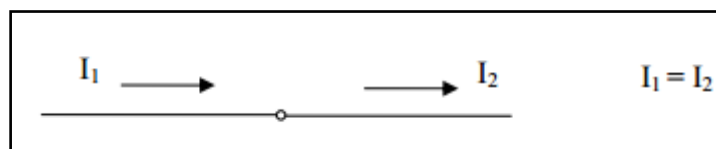
yang handal. Sistem tenaga listrik memiliki 3 komponen utama yaitu pusat pembangkit, sistem transmisi dan sistem distribusi.

Sistem transmisi merupakan proses penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit yang memiliki level tegangan tertentu yang kemudian dinaikkan tegangannya ke level yang lebih tinggi sebelum masuk ke gardu induk. Pada umumnya, gardu induk memiliki beberapa perlengkapan. Perlengkapan tersebut berupa transformator tenaga, pemisah, pemutus, busbar dan isolator, instrumen pengukuran, rele dan pengaman, sistem pengetanahan dll.

Proses penyaluran energi listrik di bagian transmisi, tentunya tidak luput dari gangguan-gangguan. Gangguan yang terjadi salah satunya pada transformator daya. Dalam pengoperasiannya, transformator daya dapat mengalami 2 macam gangguan, yaitu gangguan internal dan gangguan eksternal. Gangguan internal merupakan gangguan yang terjadi pada transformator itu sendiri. Sedangkan gangguan eksternal merupakan gangguan yang terjadi di luar transformator daya tetapi dapat menimbulkan gangguan pada transformator yang bersangkutan (Endi Sopyandi, 2011). Gangguan yang biasa terjadi pada transformator adalah hubung singkat pada kumparan transformator, hubung singkat diluar trafo yang menimbulkan gangguan pada trafo, beban lebih, sambaran petir dan gangguan sistem pendingin.

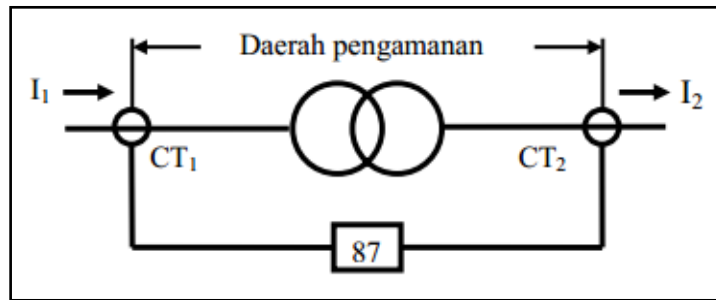
Gangguan-gangguan pada transformator sewaktu-waktu dapat terjadi, maka transformator tersebut ditunjang dengan pengaman-pengaman yang dipergunakan sesuai dengan kebutuhannya. Pengamanan transformator daya yang memiliki kapasitas besar lebih kompleks daripada transformator distribusi yang kapasitasnya lebih kecil. Pengaman tersebut dapat berupa rele proteksi. Tujuan pemasangan rele proteksi pada transformator daya adalah untuk mengamankan peralatan/system sehingga kerugian akibat gangguan dapat dihindari atau dikurangi sekecil mungkin (El-Bages, 2011).

Salah satu rele proteksi yang digunakan untuk pengaman pada transformator ini adalah rele diferensial. Prinsip kerja rele diferensial berdasarkan Hukum Kirchoff, dimana arus yang masuk pada suatu titik sama dengan arus yang keluar dari titik tersebut seperti gambar 1.



Gambar 1. Prinsip Hukum Kirchoff

Titik yang dimaksud pada proteksi rele diferensial adalah daerah pengamanan, dalam hal ini dibatasi oleh 2 buah trafo arus seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Rele Diferensial

Rele diferensial bekerja dengan membandingkan arus yang masuk dan arus yang keluar (Arun, 2001). Ketika terjadi perbedaan maka rele akan mendeteksi adanya gangguan dan menginstruksikan PMT untuk membuka (*trip*) apabila terjadi perbedaan (Nikhil, 2014). Perbedaan di sini adalah perbedaan nilai arus dan perbedaan besar fasa (stabilitas arus). Rele ini lebih efektif untuk menangani gangguan internal transformator (Raju, 2012). Pada gangguan di luar daerah pengamanan, trafo tidak akan bekerja karena arus masukan dan keluaran sama besar walaupun melebihi arus dari nominal trafo daya.

Rele diferensial bekerja tanpa koordinasi dengan rele yang lain, sehingga kerja rele ini memerlukan waktu yang cepat. Berbeda dengan sifat rele yang lain, rele ini bersifat sangat selektif. Sifat selektif yang dimaksud adalah rele diferensial tidak akan bekerja pada saat normal atau gangguan di luar daerah pengamanan. Rele ini juga tidak dapat dijadikan sebagai pengaman cadangan dan rele ini memiliki daerah pengamanan yang dibatasi oleh trafo arus (CT).

Gardu Induk 150 Kv Jajar memiliki 3 buah transformator tenaga yang nantinya akan disalurkan ke sistem distribusi yang selanjutnya akan didistribusikan ke konsumen. Untuk menjaga agar transformator bekerja dengan optimal, maka transformator tersebut ditunjang dengan proteksi berupa rele diferensial. Berdasarkan uraian diatas, maka setting rele diferensial harus dilakukan secara tepat sehingga mencegah adanya kegagalan proteksi dan meningkatkan kehadalan sebuah sistem transmisi tenaga listrik.

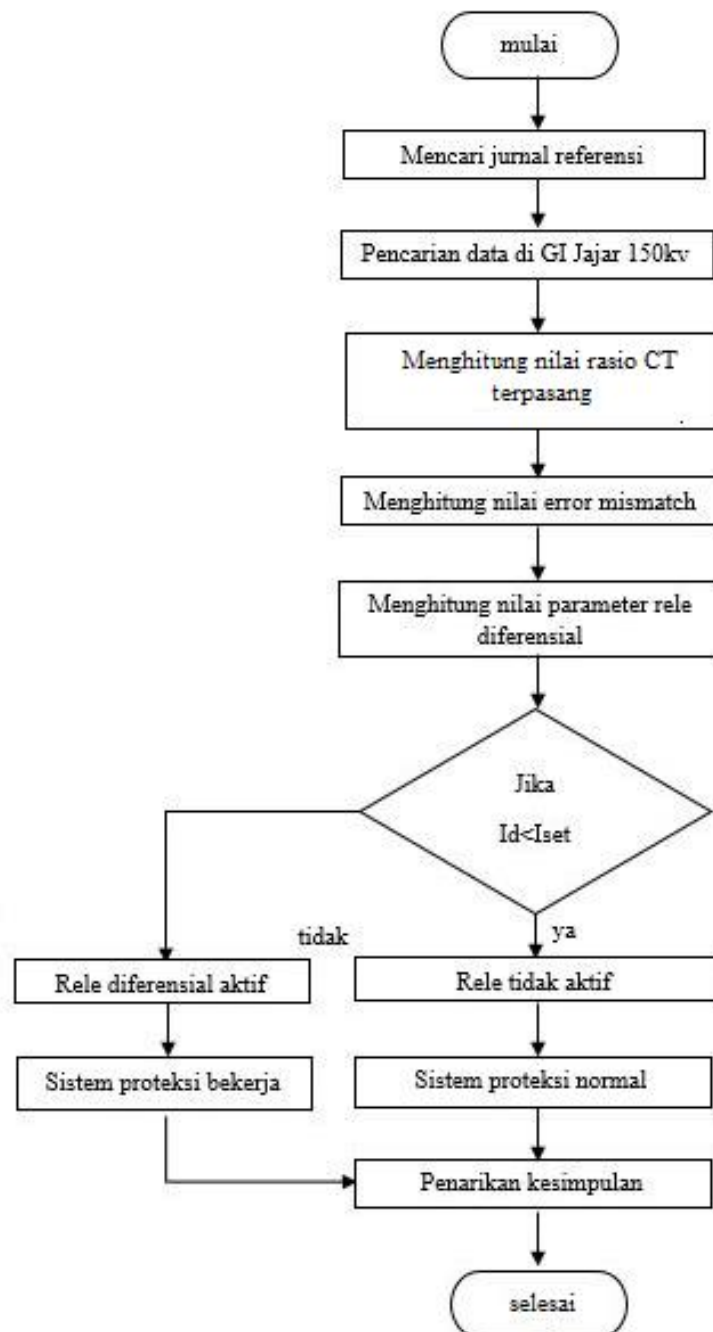
2.METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pengumpulan data sekunder. Penelitian yang dilakukan pertama kali yaitu dengan mencari jurnal referensi yang berkaitan dengan judul tugas akhir, kemudian melakukan penelitian dan kerja praktek guna mendapatkan data sekunder tersebut di *Base Camp* Surakarta Bagian HAR Proteksi selama 2 minggu.

Data-data yang dibutuhkan berupa *single line diagram* GI Jajar, data transformator tenaga 3 dan data parameter rele diferensial. Setelah semua data terkumpul kemudian mulai menghitung arus nominal trafo guna mendapatkan nilai rasio CT terpasang. Kemudian menghitung arus diferensial

dan arus setting diferensial serta error mismatch hingga gangguan yang terjadi saat pengoperasian transformator tenaga.

Berikut adalah diagram alir dari proses metodologi penelitian :



Gambar 3. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berupa data yang didapat saat penelitian dan berupa perhitungan matematis secara manual serta pembahasan dari setiap perhitungan.

3.1 Data

Tabel 1. Data transformator daya 16 MVA

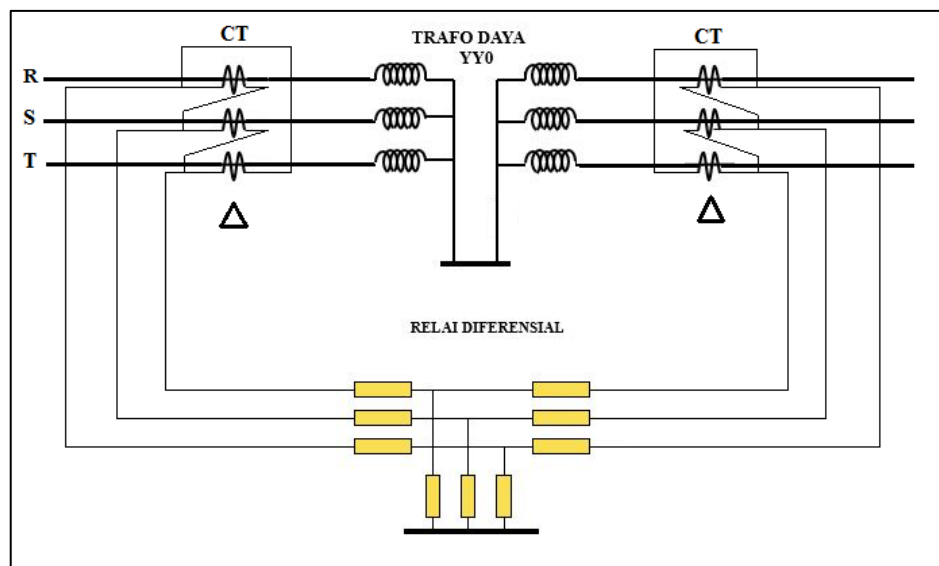
Merk	UNION
Tipe	TSSN 7252
No. Serial	S 251 022
Kapasitas Trafo	16 MVA
Tegangan sisi primer	150 kV
Tegagan sisi sekunder	22 kV
Frekuensi	50 Hz
Impedansi	12,5%
Sambungan	YnYn0

3.2 Perhitungan Matematis

Perhitungan matematis berupa perhitungan arus nominal dan arus rating untuk menentukan rasio CT terpasang pada trafo daya tersebut. Kemudian menghitung besar *error mismatch* dan menghitung parameter rele berupa arus diferensial, arus *restrain* (penahan), arus *slope* dan arus *setting* rele diferensial. Setelah itu akan dilakukan perhitungan arus yang di keluarkan CT pada saat gangguan dan pengarang terhadap rele diferensial.

3.2.1 Perhitungan rasio CT

Untuk menghitung rasio CT, terlebih dahulu menghitung arus *rating*. Arus *rating* berfungsi sebagai batas pemilihan rasio CT.



Gambar 4. Rangkaian Transformator YnYn0

Perhitungan arus *rating* menggunakan rumus :

$$I_{rating} = 110\% \times I_{nominal}$$

Dimana:

$$I_{nominal} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

I_n = Arus Nominal (A)

S = Daya tersalur (MVA)

V = Tegangan pada sisi primer dan sekunder (Kv)

I_n atau arus nominal merupakan arus yang mengalir pada masing-masing jaringan (tegangan tinggi dan tegangan rendah).

Arus nominal tegangan tinggi 150 Kv :

$$I_n = \frac{16.000.000}{\sqrt{3} \times 150.000}$$

$$I_n = 61,59 \text{ A}$$

Arus nominal tegangan rendah 22 Kv :

$$I_n = \frac{16.000.000}{\sqrt{3} \times 22.000}$$

$$I_n = 419,89 \text{ A}$$

I_{rating} untuk tegangan tinggi 150 kv :

$$I_{rat} = 110\% \times 61,59$$

$$I_{rat} = 67,749 \text{ A}$$

I_{rating} untuk tegangan rendah 22 kv :

$$I_{rat} = 110\% \times 419,89$$

$$I_{rat} = 461,879 \text{ A}$$

Hasil dari perhitungan arus nominal yang mengalir pada trafo sisi tegangan tinggi 150 kv sebesar 61,59 A dan di sisi tegangan rendah 22 kv sebesar 419,89 A.

Nilai arus *rating* pada sisi tegangan tinggi 150 kv sebesar 67,749 A dan di sisi tegangan rendah 22 kv sebesar 461,879 A. Berdasarkan dari hasil perhitungan, maka rasio CT yang dipilih pada sisi tegangan tinggi adalah 75:1 A dan untuk rasio CT pada sisi tegangan rendah dipilih 800:1 A. Maksud dari rasio yang dipilih adalah, apabila pada trafo sisi tegangan tinggi mengalir arus sebesar 75 A maka pada CT tersebut terbaca 1 A. Hal ini berlaku juga pada CT yang dipasang pada trafo di sisi tegangan rendah. Rasio CT dipilih 75 A dan 800 A karena nilai tersebut mendekati nilai *rating* arus yang telah dihitung dan CT dengan rasio tersebut ada di pasaran.

3.2.2 Error mismatch

Error mismatch merupakan kesalahan dalam membaca perbedaan arus dan tegangan di sisi primer dan sekunder transformator serta pergeseran fasa di trafo tersebut. Menghitung besarnya arus *mismatch* yaitu dengan cara membandingkan rasio CT ideal dengan CT yang ada di pasaran, dengan ketentuan *error* tidak boleh melebihi 5% dari rasio CT yang dipilih. Perhitungan besarnya *mismatch* menggunakan rumus : (Anderson Avenue, 2004)

$$Error \text{ Mismatch} = \frac{CT \text{ Ideal}}{CT \text{ Terpasang}} \%$$

Dimana:

$$\frac{CT_2}{CT_1} = \frac{V_1}{V_2}$$

CT (Ideal) = trafo arus ideal

V_1 = tegangan sisi tinggi

V_2 = tegangan sisi rendah

Error Mismatch di sisi tegangan tinggi 150 kv :

$$CT_1(Ideal) = CT_2 \times \frac{V_2}{V_1}$$

$$CT_1(Ideal) = \frac{800}{1} \times \frac{22}{150}$$

$$CT_1(Ideal) = 117,3 \text{ A}$$

$$Error \text{ Mismatch} = \frac{117,3}{75} \%$$

$$Error \text{ Mismatch} = 1,56 \%$$

Error Mismatch di sisi tegangan rendah 22 kv :

$$CT_2(Ideal) = CT_1 \times \frac{V_1}{V_2}$$

$$CT_2(Ideal) = \frac{75}{1} \times \frac{150}{22}$$

$$CT_2(Ideal) = 511,36 \text{ A}$$

$$Error \text{ Mismatch} = \frac{511,36}{800} \%$$

$$Error \text{ Mismatch} = 0,63 \%$$

Hasil dari perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh nilai CT_1 ideal sebesar 117,3 A dan *error mismatch* sebesar 1,56%. *Error mismatch* pada CT_2 sebesar 0,63% dengan hasil perhitungan CT ideal sebesar 511,16 A. Demikian didapatkan nilai selisih antara trafo arus terpasang dan trafo arus ideal sebesar 42,3 A pada sisi tegangan tinggi dan 288,64 A pada sisi tegangan rendah.

3.2.3 Arus sekunder CT

Arus sekunder CT merupakan arus yang di keluarkan CT.

$$I_{sekunder} = \frac{1}{rasio \text{ CT}} \times I_n$$

Arus sekunder CT sisi tegangan tinggi 150 kv.

$$I_{sek} = \frac{1}{75} \times 61,59$$

$$I_{sek} = 0,82 \text{ A}$$

Arus sekunder CT sisi tegangan rendah 22 kv.

$$I_{sek} = \frac{1}{800} \times 419,89$$

$$I_{sek} = 0,524 A$$

3.2.4 Arus diferensial

Arus diferensial merupakan arus selisih antara arus sekunder CT sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah.

Rumus untuk menentukan arus diferensial yaitu :

$$I_{dif} = I_2 - I_1$$

Dimana:

I_{dif} = Arus Diferensial

I_1 = Arus Sekunder CT₁

I_2 = Arus Sekunder CT₂

Perhitungan arus diferensial :

$$I_{dif} = 0,524 - 0,821$$

$$I_{dif} = -0,296 A$$

$$I_{dif} = 0,296 A$$

Selisih antara I_{sek} CT₁ dan CT₂ yaitu sebesar 0,296 A. Selisih inilah yang nanti akan dibandingkan dengan arus setting rele diferensial.

3.2.5 Arus restrain (penahan)

Arus *restrain* diperoleh dengan cara menjumlahkan arus sekunder CT₁ dan CT₂ kemudian dibagi 2.

Rumus yang digunakan untuk menghitung arus *restrain* yaitu :

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

Dimana:

I_r = Arus penahan (A)

I_1 = Arus sekunder CT₁ (A)

I_2 = Arus sekunder CT₂ (A)

Maka :

$$I_r = \frac{0,82 + 0,524}{2}$$

$$I_r = 0,672 A$$

Arus *restrain* yang didapat dari hasil perhitungan adalah 0,672 A. Ketika arus diferensial naik akibat perubahan rasio di sisi tegangan tinggi dan tegangan rendah yang disebabkan oleh perubahan tap trafo daya maka arus *restrain* ini juga akan naik. Hal ini berguna agar rele diferensial tidak bekerja karena bukan merupakan gangguan.

3.2.6 Percent Slope (setting kecuraman)

Slope didapat dengan cara membagi antara arus diferensial dengan arus *restrain*. *Slope* 1 akan menentukan arus diferensial dan arus *restrain* pada saat kondisi normal dan memastikan sensitifitas rele pada saat gangguan internal dengan arus gangguan yang kecil, sedangkan *slope* 2 berguna supaya rele diferensial tidak bekerja oleh gangguan eksternal dengan arus gangguan yang besar sehingga salah satu CT mengalami saturasi (Fransiscus Sihombing, 2012)

Rumus yang digunakan untuk mencari % *slope* 1 dan % *slope* 2 yaitu :

$$slope_1 = \frac{I_d}{I_r} \times 100\%$$

$$slope_2 = \left(\frac{I_d}{I_r} \times 2\right) \times 100\%$$

Dimana :

$slope_1$: *setting* kecuraman 1

$slope_2$: *setting* kecuraman 2

I_d : Arus Diferensial (A)

I_r : Arus *Restrained* (A)

Menghitung *slope* 1 :

$$slope_1 = \frac{0,296}{0,672} \times 100\%$$

$$slope_1 = 44\%$$

Menghitung *slope* 2 :

$$slope_2 = \left(\frac{0,296}{0,672} \times 2\right) \times 100\%$$

$$slope_2 = 88\%$$

Hasil yang didapat dari perhitungan yaitu *slope* 1 sebesar 44% dan *slope* 2 sebesar 88%.

3.2.7 Arus *setting* (I_{set})

Arus *setting* didapat dengan mengalikan antara *slope* dan arus *restrain*. Arus *setting* inilah yang nanti akan dibandingkan dengan arus diferensial.

Rumus matematis I_{set} :

$$I_{set} = \%slope \times I_{restrain}$$

Dimana :

I_{set} : Arus *Setting*

% *slope* : *Setting* Kecuraman (%)

$I_{restrain}$: Arus Penahan

$$I_{set} = 44\% \times 0,672$$

$$I_{set} = 0,44 \times 0,672$$

$$I_{set} = 0,295 \text{ A}$$

Arus *setting* yang diperoleh dari hasil perhitungan adalah 0,295A, namun *setting* yang dibuat adalah 0,3 A atau 30% dengan pertimbangan yaitu : kesalahan sadapan (10%), kesalahan CT (10%), *mismatch* (4%), arus eksitasi (1%) dan faktor keamanan (5%).

3.2.8 Gangguan pada transformator daya

Gangguan transformator daya dapat dihitung dengan persamaan :

$$I_{frelay} = I_f \times CT_2$$

$$I_{2\text{ fault}} = \frac{I_{frelay}}{I_2}$$

$$I_d = I_2 - I_1$$

$$I_{2\text{ fault}} = I_1 + I_d$$

$$I_{frelay} = I_{2\text{ fault}} \times I_2$$

$$I_f = I_{frelay} \times CT_2$$

Dimana :

$I_{f\text{ relay}}$: Arus gangguan yang dibaca rele

I_f : Arus yang masuk pada rele

CT_2 : Rasio CT_2

I_2 : Arus sekunder CT_2 sebelum terjadi gangguan

I_d : Arus diferensial

I_1 : Arus sekunder CT_1

$I_{2 \text{ fault}}$: Arus sekunder CT_2 saat terjadi gangguan

Arus gangguan sebesar 3800 A disisi tegangan rendah 22 kv :

$$I_f \text{ relay} = I_f \times CT_2$$

$$I_f \text{ relay} = 3800 \times \frac{1}{800}$$

$$I_f \text{ relay} = 4,75 \text{ A}$$

$$I_{2 \text{ fault}} = \frac{I_f \text{ relay}}{I_2}$$

$$I_{2 \text{ fault}} = \frac{4,75}{0,524}$$

$$I_{2 \text{ fault}} = 9,064 \text{ A}$$

$$I_d = I_{2 \text{ fault}} - I_1$$

$$I_d = 9,064 - 0,82$$

$$I_d = 8,244 \text{ A}$$

Arus gangguan sebesar 3800 A pada sisi tegangan 22 kv menghasilkan arus sekunder pada CT_2 sebesar 9,064 A dan arus diferensial menjadi 8,244 A, maka rele diferensial akan bekerja dan memberikan instruksi kepada PMT untuk memutuskan (*trip*) karena arus diferensial lebih besar dari arus setting.

Arus gangguan sebesar 450 A pada sisi tegangan rendah 22 kv :

$$I_f \text{ relay} = I_f \times CT_2$$

$$I_f \text{ relay} = 450 \times \frac{1}{800}$$

$$I_f \text{ relay} = 0,5625 \text{ A}$$

$$I_{2 \text{ fault}} = \frac{I_f \text{ relay}}{I_2}$$

$$I_{2 \text{ fault}} = \frac{0,5625}{0,524}$$

$$I_{2 \text{ fault}} = 1,0734 \text{ A}$$

$$I_d = I_{2 \text{ fault}} - I_1$$

$$I_d = 1,0734 - 0,82$$

$$I_d = 0,2534 \text{ A}$$

Arus gangguan sebesar 450 A pada sisi tegangan 22 kv menghasilkan arus sekunder pada CT_2 sebesar 1,0734 A dan arus diferensial menjadi 0,2534 A, maka rele diferensial tidak akan bekerja karena arus diferensial nilainya lebih kecil dari arus *setting* rele diferensial.

Gangguan hubung singkat menyebabkan nilai I_d menjadi 0,3 A :

$$I_{2 \text{ fault}} = I_1 + I_d$$

$$I_{2 \text{ fault}} = 0,82 + 0,3$$

$$I_{2 \text{ fault}} = 1,12 \text{ A}$$

$$I_{frelay} = I_{2\ fault} \times I_2$$

$$I_{frelay} = 1,12 \times 0,524$$

$$I_{frelay} = 0,5868\ A$$

$$I_f = I_{frelay} \times CT_2$$

$$I_f = 0,5868 \times 800$$

$$I_f = 469,44\ A$$

Ketika I_d sebesar 0,3 A maka arus gangguan yang mengalir pada sisi tegangan rendah sebesar 469,44 A, artinya batas arus yang diperbolehkan mengalir pada sisi tegangan rendah adalah 469,44 A. Rele akan bekerja jika arus yang mengalir melebihi 469,44 A.

4. PENUTUP

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Arus rating didapat dengan dengan cara menghitung arus nominal pada transformator daya. Arus rating nantinya akan digunakan untuk menentukan rasio CT yang terpasang pada trafo daya.
- 2) Rele diferensial akan bekerja apabila nilai arus diferensial melebihi arus setting dan sebaliknya.
- 3) Batas arus nominal yang diperbolehkan mengalir pada trafo daya sisi tegangan rendah adalah 469,44 A, apabila melebihi nilai arus nominal yang diizinkan maka rele diferensial akan mendeteksi adanya gangguan dan mengintruksikan PMT untuk memutuskan (*trip*).
- 4) Arus setting yang didapat dari hasil perhitungan yaitu 0,3 A dan diharapkan dengan *setting* tersebut sistem proteksi transformator dapat bekerja dengan optimal.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

- 1) Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan tepat waktu.
- 2) Orangtua yang telah memberikan dukungan dan motivasi yang tak pernah ada habisnya.
- 3) Bapak Umar, S.T, M.T. selaku pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran.
- 4) Pihak *Base Camp* Surakarta khususnya bagian HAR Proteksi yang telah membantu untuk penelitian tugas akhir.
- 5) Teman-teman angkatan 2013 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terimakasih untuk saling mengingatkan satu sama lain
- 6) Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada teman-teman satu kos yang selalu mengingatkan dan menyemangati.

DAFTAR PUSTAKA

- Anvenue, Anderson. Markham. Ontario. (2004). *Transformer Management Relay Instructoin Manual*. GE Industrial System.
- El-Bages, M.S. (2011). *Improvement Of Digital Differential Relay Sensitivity For Internal Ground Faults In Power Transformers*. International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering. 3, 1-5.
- Phadke, Arun. (2001). *Power System Protection*. The Electric Power Engineering Handbook.
- Paliwal, Nikhil., & Trivedi, A. (2014). *Analysis of Modern Digital Differential Protection for Power Transformer*. International Journal of Interdisciplinary Research and Innovations. 2, 46-53.
- Raju, K., & Reddy, Ramamohan. (2012). *Differential Relay Reliability Impliment Enhancement of Power Transformer*. International Journal of Modern Engineering Research. 2, 3612-3618.
- Sihombing, Fransiscus. (2012, June 6). *Penyetelan Relai Diferensial Pada Transformator PT Chevron Pacific Indonesia*. Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan.
- Sopyandi, Endy. (2011, October 27). *Gangguan-gangguan pada Transformator*. Retrieved from <https://electricdot.wordpress.com/2011/10/27/gangguan-gangguan-pada-transformator/>